

- 1 -

明 細 書

半導体装置

技術分野

本発明は、半導体装置に関し、特に、半導体素子の発熱による反りを抑止する半導体装置に関する。

背景技術

近年、電力変換や電力制御、または、大電力の増幅・発振等の目的でパワーデバイスと呼ばれる半導体素子を用いることが多い。この半導体素子には、バイポーラトランジスタ、ＩＧＢＴ (Insulated Gate Bipolar Transistor)、パワーＩＣ、ＭＯＳＦＥＴ等があり、いずれも変換や制御の効率がよく小型であるという利点を備える。

しかし、上記半導体素子は、大電流が流れるゆえに発熱量が高く、自身の発する熱により破壊や特性の変化が起こるおそれがあり、効率的に冷却する必要がある。このため、これまで様々な冷却構造が提案されてきたが、その一例として、図２に冷却構造を備えた従来の半導体装置を示す。

図２を参照するに、半導体装置１００は、半導体素子１０１とヒートシンク１０２の間に絶縁板１０３と金属板１０４を設けて形成される。半導体素子１０１は、パワートランジスタ、パワーＦＥＴ、ＩＧＢＴなどのパワーデバイスであり、シリコン半導体などで形成されている。半導体素子１０１が動作するときには、ジュール熱により熱が発生し温度が上昇する。半導体素子１０１の温度が上昇するとオン抵抗が増加し、フィードバック制御などを行っているときには、さらに電流を流そうとして電圧がかけられ、電流が流れ、それによりジュール熱が増大し、温度がさらに上昇する。それにより、半導体素子１０１の損傷が発生してしまう。それを防ぐために、半導体装置１００には、ヒートシンク１０２が設けられている。

ヒートシンク１０２は、熱伝導度の良い銅やアルミニウムなどにより形成さ

- 2 -

れており、半導体素子 101 から発生する熱を放熱する。このため、半導体素子 101 の温度の上昇を防ぐことができる。それゆえ、放熱面積を大きくするように形成している。

絶縁板 103 は、半導体素子 101 とヒートシンク 102 との間を電氣的に絶縁する。そのため、SiN などの熱伝導性は良いが、電氣的絶縁性を有する物質を用いる。

金属板 104 は、半導体素子 101 と絶縁板 103 を支持するためのものであり、また、ヒートシンク 102 に半導体素子 101 からの熱を伝導するためのものである。そのために、熱伝導性が良く、また、強固な材質である銅板などを用いる。

ヒートシンク 102 は、半導体素子 101 で発生し、絶縁板 103 と金属板 104 を伝導してきた熱を放散するためのものであり、空気との接触面積を大きくする構造としており、銅、アルミニウム、モリブデン、またはこれらの合金などから形成されている。これらの半導体素子 101 と絶縁板 103 と金属板 104 とヒートシンク 102 は、半田又はろう材などにより接合される。

上記従来の半導体装置では、半導体素子の熱膨張係数に比べて、銅又はアルミニウム等の金属の熱膨張係数が大きいため、半導体素子の発熱に伴い膨張した金属により熱応力が発生し、装置自体が湾曲し、剥がれ及び／又はクラック等が生じるという欠点があった。このような欠点を解決するため、絶縁基板とヒートシンクとの間の接合材を工夫し、強固に接合する技術が、例えば特開 2002-43482 公報に開示されている。この接合材には活性元素を含む硬ろう材が用いられている。

上述したように、図 2 に示した従来の半導体装置においては、金属とその他の素材により熱膨張係数の違いがあるため、半導体素子が発熱した場合に装置に反りが生じ、結果として剥がれやクラック等が生じるという欠点があった。したがって、半導体素子に高負荷をかけられずに、本来の性能を発揮できなかったり、水冷装置やファン等の強制空冷装置が必要になり、機器が大型化したりする問題があった。

また、特開 2002-43482 公報に開示された技術を用いた場合、接合

- 3 -

材自身の熱伝導率が悪いと、ヒートシンクに熱を伝え拡散するという半導体装置の性能を損じ、結果的に半導体素子が効率的に冷却されないために半導体素子本来の性能を発揮できなかった。さらに、該接合材は高価であり、半導体装置のコストアップの要因となっていた。

そこで、半導体素子が発熱したときの半導体装置の反りを少なくする技術が求められている。

発明の開示

本発明によれば、半導体素子と、ヒートシンクと、前記半導体素子と前記ヒートシンクとの間に熱応力を緩和するため設けられた中間層と、から成る半導体装置が提供される。

このように、半導体素子とヒートシンクの間に熱応力を緩和する中間層を設けたため、半導体素子によって発生する熱により生じる半導体素子の熱膨張とヒートシンクの熱膨張の違いによる熱応力を中間層により緩和することができ、半導体装置の反りを低減することができる。

本発明においては、好適には、熱応力を緩和する中間層は、カーボン・銅複合材料からなる。従って、ヤング率が小さいカーボン・銅複合材料からなる中間層に熱応力が集中して、半導体素子の熱膨張と積層板の各層の熱膨張と、ヒートシンクの熱膨張の差による半導体装置の反りを低減することができる。

更に、本発明においては、半導体素子と、ヒートシンクと、前記半導体素子と前記ヒートシンクとの間に熱応力を緩和するための中間層を含むよう設けられた積層板と、から成る半導体装置が提供される。

このように、積層板は熱応力を緩和する中間層を含むため、半導体素子によって発生する熱により生じる半導体素子の熱膨張と積層板の各層の熱膨張とヒートシンクの熱膨張の違いによる熱応力を中間層により緩和することができ、半導体装置の反りを低減することができる。

前記積層板は、好ましくは、半導体素子と接合する第1の金属板と、該第1の金属板の前記半導体素子と反対側に接合する前記熱応力を緩和する中間層と、該中間層の上記第1の金属板との接合面と反対側に接合する第2の金属板と、該

- 4 -

第2の金属板の上記中間層との接合面の反対側に接合する絶縁体と、該絶縁体の上記第2の金属板との接合面の反対側に接合する第3の金属板と、から構成される。このため、半導体素子によって発生する熱により生じる半導体素子の熱膨張と積層板の各層の熱膨張とヒートシンクの熱膨張の違いによる熱応力を中間層により緩和することができ、半導体装置の反りを低減することができる。また、積層板には金属板を含むので熱伝導性が良く、半導体素子により生じる熱を良好にヒートシンクに伝導することができ、良好に放熱することができる。

好ましくは、上記第2の金属板の厚さと上記第3の金属板の厚さが等しい。このように、第2の金属板の厚さと第3の金属板の厚さとを等しくすると、熱衝撃耐久性を良好にすることができ、積層板の各層の剥がれをなくすことができる。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の実施例に係る半導体装置の断面図である。

図2は、従来の半導体装置の断面図である。

発明を実施するための最良の形態

図1に示す本実施例の半導体装置10は、半導体素子11とヒートシンク12の間に熱応力を緩和する中間層13を設けて形成される。好ましくは、半導体素子11とヒートシンク12の間に熱応力を緩和する中間層を含む積層板14を設けて形成される。

半導体素子11は、パワートランジスタ、パワーFET、IGBTなどのパワーデバイスであり、シリコン半導体などで形成されている。半導体素子11が動作するときには、ジュール熱により熱が発生し温度が上昇する。半導体素子11の温度が上昇するとオン抵抗が増加し、フィードバック制御などを行っているときには、さらに電流を流そうとして電圧をかけると、ジュール熱が増大し、温度がさらに上昇する。それにより、半導体素子11の損傷が発生してしまう。それを防ぐために、半導体装置10には、ヒートシンク12が設けられている。

ヒートシンク12は、熱伝導度の良い銅やアルミニウムやモリブデン、または、それらの合金などにより形成されており、半導体素子11から発生する熱を

- 5 -

放熱するものである。それにより、半導体素子 11 の温度の上昇を防ぐことができる。それゆえ、放熱面積を大きくするように形成している。

積層板 14 は、半導体素子 11 で発生した熱をヒートシンクまで伝導させ放熱するところである。

この積層板 14 は、半導体素子 11 と半田やろう材などの接合材によって接合する第 1 の金属板 15 と、その第 1 の金属板 15 の半導体素子 11 と反対側に半田やろう材などの接合材によって接合する熱応力を緩和する中間層 13 と、その中間層 13 の第 1 の金属板 15 との接合面と反対側に半田やろう材などの接合材によって接合する第 2 の金属板 17 と、その第 2 の金属板 17 の中間層 13 との接合面の反対側に半田やろう材などの接合材によって接合した絶縁体 18 と、その絶縁体 18 の第 2 の金属板 17 との接合面の反対側に半田やろう材などの接合材によって接合する第 3 の金属板 19 からなっている。

第 1 の金属板 15 の半導体素子 11 を接合する側の面には表面に Ni メッキ 20 を施してある。Ni メッキ 20 は、半導体素子のろう付け性やワイヤボンディング性を確保するためのものである。第 1 の金属板 15 は、半導体素子 11 のろう付け性やワイヤボンディング性を確保し、また、熱を面方向へ拡散するためのものである。そのために、比較的薄い熱伝導度の高い銅板などを用いる。

中間層 13 は、半導体素子 11 で発生する熱による、半導体素子 11 の熱膨張と積層板 14 の各層の熱膨張と、ヒートシンク 12 の熱膨張の差による熱応力を緩和するためのものである。そのために、積層面方向の弾性定数が小さい材料を用い、例えば、カーボン・銅複合材料を用いる。

第 2 の金属板 17 は、半導体素子 11 で発生し、第 1 の金属板 15 と中間層 13 を通して伝導する熱を一時的に溜め、そして、下面に接合した絶縁体 18 と第 3 の金属板 19 を介してヒートシンク 12 に熱を伝導するためのものである。そのために、比較的厚く、熱伝導度の高い銅板などを用いる。

絶縁体 18 は、半導体素子 11 とヒートシンク 12 の電氣的絶縁をとるためのものである。そのため、SiN などの熱伝導性が良く、電氣的絶縁性を有する物質を用いる。

第 3 の金属板 19 は、上部の積層構造を支持するためのものであり、また、

- 6 -

ヒートシンク 12 に半導体素子 11 からの熱を伝導するためのものである。そのために、熱伝導性が良く、また、強固のものである銅板などを用いる。また、第 3 の金属板の厚さと第 2 の金属板の厚さの差をなくすほうが好ましい。

ヒートシンク 12 は、半導体素子 11 で発生し、上部の積層構造を伝導してきた熱を放散するためのものであり、空気との接触面積を大きくする構造としており、銅やアルミニウムやモリブデン、または、それらの合金などから形成されている。

なお、これらの板材は、Mg の粉をまぶした Ti-Cu 箔を挟み、N₂ の雰囲気中で加圧の上、アニールすることによって接合しても良い。

次に、本実施例に係る半導体装置 10 の作用を説明する。

半導体装置 10 の半導体素子 11 の動作中に発生する熱は、第 1 の金属板 15 に伝導し、また、第 1 の金属板 15 は熱伝導性が良いので、第 1 の金属板 15 の面方向にも広がり伝導する。また、第 1 の金属板 15 の温度も上昇する。それにより、温度発生前より熱膨張する。

第 1 の金属板 15 内に伝導した熱は、中間層 13 に伝導し、該中間層 13 も温度上昇する。中間層 13 に伝導した熱は、第 2 の金属板 17 に伝導し、該第 2 の金属板 17 の温度が上昇し、熱膨張する。

第 2 の金属板 17 に伝導した熱は、絶縁体 18 と第 3 の金属板 19 に伝導し、ヒートシンク 12 まで伝導し、ヒートシンク 12 により、放散し、それにより、半導体素子 11 の熱は、放散し、温度上昇の量を少なくすることができる。

このとき、半導体素子 11、第 1 の金属板 15、中間層 13、第 2 の金属板 17、絶縁体 18、第 3 の金属板 19、ヒートシンク 12 の温度は、半導体素子 11 が発熱する前よりも高温になる。これにより、各層はそれぞれの物質の熱膨張係数で熱膨張しようとする。そのとき、熱応力が発生する。面方向で弾性係数が小さいカーボン・銅複合材料で形成された中間層 13 により、その熱応力が緩和され、半導体装置 10 に発生する熱応力が低減され、反りを低減することができる。

実験計画法により、分離・明確にした要因効果から、適当な厚さのカーボン・銅複合材料を中間層として設けることで、積層板は、第 1 の金属板の厚さと第

- 7 -

2の金属板の厚さと第3の金属板の厚さを調整することで反りを少なくすることができることが分かった。また、第2の金属板と第3の金属板の厚さの差がないものでは熱衝撃耐久性があることが分かった。このように、熱応力を緩和する中間層を半導体素子とヒートシンクの間に設けたことで、半導体装置の熱による反りを低減することができる。

産業上の利用可能性

以上のように、本発明においては、半導体素子が発熱したときに発生する半導体素子の熱膨脹とヒートシンクの熱膨脹の違いによる熱応力を中間層で緩和するため、半導体装置全体の反りが低減される。このため、半導体素子本来の性能を発揮する他、大型のファン等により強制的に半導体素子を冷却する必要がなく、半導体装置を使用するあらゆる分野において有用である。

- 8 -

請 求 の 範 囲

1. 半導体素子と；

ヒートシンクと；

前記半導体素子と前記ヒートシンクとの間に熱応力を緩和するため設けられた中間層と；

から成る半導体装置。

2. 前記熱応力を緩和する中間層は、カーボン・銅複合材料からなることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置。

3. 半導体素子と；

ヒートシンクと；

前記半導体素子と前記ヒートシンクとの間に熱応力を緩和するための中間層を含むよう設けられた積層板と；

から成る半導体装置。

4. 前記積層板は、

前記半導体素子と接合する第 1 の金属板と；

前記第 1 の金属板の前記半導体素子と反対側に接合する前記熱応力を緩和する中間層と；

前記中間層の前記第 1 の金属板との接合面と反対側に接合する第 2 の金属板と；

前記第 2 の金属板の前記中間層との接合面の反対側に接合する絶縁体と；

前記絶縁体の前記第 2 の金属板との接合面の反対側に接合する第 3 の金属板と；

からなる請求項 3 に記載の半導体装置。

5. 前記第 2 の金属板の厚さと前記第 3 の金属板の厚さが等しいことを特徴とする請求項 4 に記載の半導体装置。

- 9 -

6. 前記熱応力を緩和する中間層は、カーボン・銅複合材料からなることを特徴とする請求項 3 に記載の半導体装置。

1/1

図 1

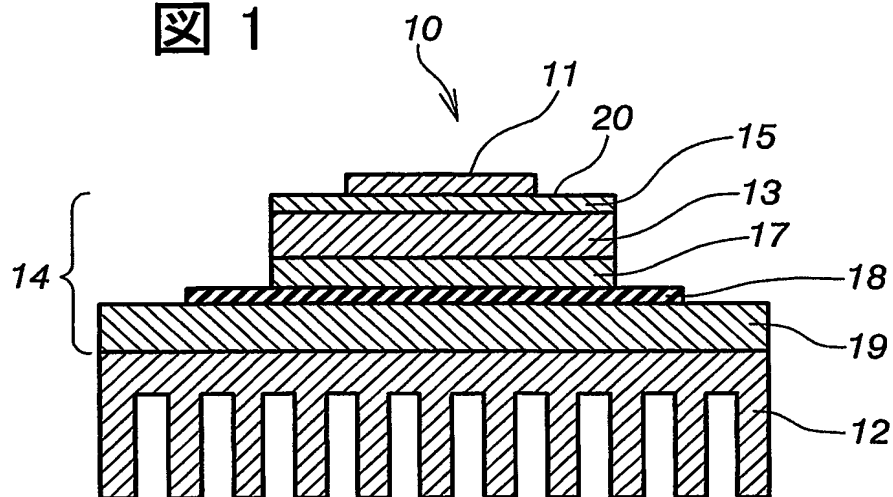
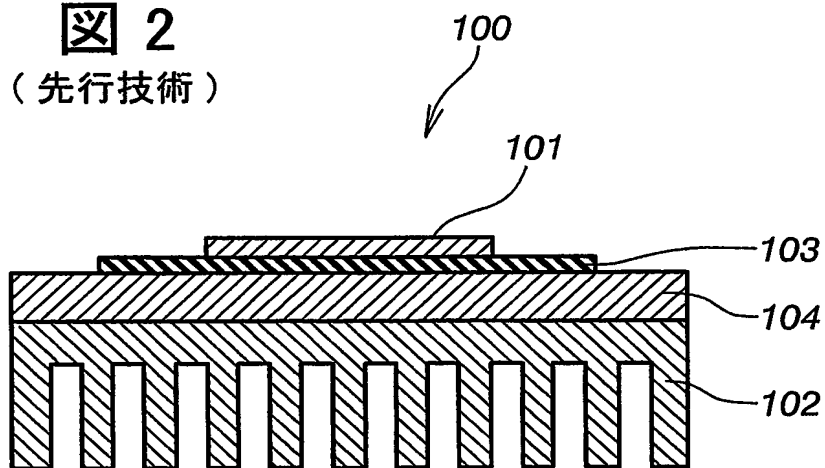


図 2

(先行技術)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/005929

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H01L23/36

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ H01L23/12-23/15, 23/36, 23/373Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2-34577 A (Mitsubishi Electric Corp.), 05 February, 1990 (05.02.90), Page 2, lower right column, lines 7 to page 3, upper left column, line 18; Fig. 1 & US 5153077 A Column 5, line 49 to column 6, line 39; Fig. 1 & DE 3924225 A1	1, 3-5
X Y	JP 2002-222887 A (Kyocera Corp.), 09 August, 2002 (09.08.02), Par. Nos. [0021] to [0047]; Figs. 1 to 2 Par. Nos. [0021] to [0047]; Figs. 1 to 2 (Family: none)	1-3, 6 2-6.



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02 August, 2004 (02.08.04)Date of mailing of the international search report
17 August, 2004 (17.08.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/005929

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
<u>X</u> Y	JP 5-175378 A (Hitachi, Ltd.), 13 July, 1993 (13.07.93), Par. Nos. [0008] to [0036]; Figs. 1 to 4 Par. Nos. [0008] to [0036]; Figs. 1 to 4 (Family: none)	<u>1</u> 2-6
Y	JP 9-298260 A (Tonen Corp.), 18 November, 1997 (18.11.97), Par. Nos. [0013] to [0030]; Figs. 1 to 2 (Family: none)	3-5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L 23/36

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L 23/12 - 23/15, 23/36, 23/373

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2-34577 A (三菱電機株式会社), 1990. 02. 05 2 頁右下欄 7 行-3 頁左上欄 18 行, 第 1 図 & US 5153077 A, 5 欄 4 9 行-6 欄 3 9 行, 図 1 & DE 3924225 A1	1, 3-5
<u>X</u> Y	JP 2002-222887 A (京セラ株式会社), 2002. 08. 09 【0021】-【0047】, 図 1-2 【0021】-【0047】, 図 1-2 (ファミリーなし)	<u>1-3, 6</u> 2-6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02. 08. 2004

国際調査報告の発送日

17. 8. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

和瀬田 芳正

4 R

2929

電話番号 03-3581-1101 内線 3469

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
<u>X</u> Y	JP 5-175378 A (株式会社日立製作所), 1993.07.13 【0008】－【0036】, 図1－4 【0008】－【0036】, 図1－4 (ファミリーなし)	<u>1</u> 2-6
Y	JP 9-298260 A (東燃株式会社), 1997.11.18 【0013】－【0030】, 図1－2 (ファミリーなし)	3-5